

**ANALISA PENGARUH *FILLER*
TERHADAP SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

PEDRI TRI ADRIYANTO

D200120061

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH *FILLER* TERHADAP SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK ANTARA
ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***

PUBLIKASI ILMIAH

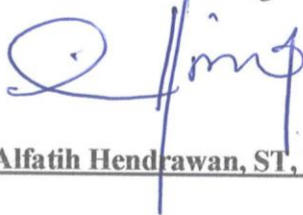
Oleh :

PEDRI TRI ADRIYANTO

D200120061

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



M. Alfatih Hendrawan, ST, MT.

NIK.976

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH *FILLER*
TERHADAP SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***

Oleh:

PEDRI TRI ADRIYANTO

D200120061

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 7 Oktober 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **M. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Agus Yulianto, ST, MT.**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Bambang Waluyo F, ST, MT.**
(Anggota II Dewan Penguji)





Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila kelak terbukti dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 12 Februari 2018

Penulis



PEDRI TRI ADRIYANTO

**ANALISA PENGARUH *FILLER*
TERHADAP SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *filler* SS dan Al pada sambungan las titik beda material. Penelitian ini menggabungkan aluminium setebal 1,2 mm dan *stainless steel* setebal 1 mm dengan bahan pengisi *filler* berbentuk serbuk melalui proses *meshing* 100 kemudian dilakukan percampuran dengan perbandingan SS (80%) dan Al (20%). Standar yang digunakan untuk pembuatan spesimen adalah ASME QW-462.9. Pada penelitian ini menggunakan mesin las titik dengan variasi arus 6000 A, 7000 A, 8000 A dengan waktu pengelasan 0,2 detik, 0,3 detik, 0,4 detik. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian geser menggunakan standar pengujian ASME QW-462.9 dan untuk uji kekerasan menggunakan standar pengujian AWS D8.9-97. Hasil pengujian pada tegangan geser dan dua tipe kegagalan yang terjadi pada spesimen tanpa *filler* maupun menggunakan *filler*, *inter facial failure* merupakan mode kegagalan yang terjadi melalui rambatan retak melewati *nugget*, dan *pull out failure* merupakan mode kegagalan yang terjadi melewati penarikan *nugget*. Untuk hasil pengujian kekerasan diperoleh bahwa hasil kekerasan yang paling optimal terdapat pada daerah logam las (*nugget*) pada spesimen menggunakan *filler* dengan arus 8000 A dan waktu 0,4 detik. Dari hasil analisa diperoleh bahwa penambahan *filler* SS dan Al kurang berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las.

Kata Kunci: Las Titik, Beda Material, *Filler* SS dan Al, Uji Mekanik

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of SS and Al filler on the welded joints of dissimilar material. This study combines 1.2 mm thick aluminum and 1 mm stainless steel with powder filler through 100 meshing process then mixed with SS ratio (80%) and Al (20%). The standard used for specimen preparation is ASME QW-462.9. In this research used welding spot machine with current variation of 6000 A, 7000 A, 8000 A with welding time 0,2 second, 0,3 second, 0,4 second. The tests performed were shear testing using ASME QW-462.9 testing standards and for hardness tests using AWS D8.9-97 testing standards. Test results on shear stress and two types of failures that occur in specimens without filler or filler use, inter-facial failure is a failure mode that occurs through crack propagation through the nuggets, and pull out failure is a failure mode that occurs through the withdrawal of nuggets. For hardness test results obtained that the most optimal hardness results found in the area of weld metal (nugget) on specimens using a filler with a current of 8000 A and time of 0.4 seconds. From the analysis result, it is found that the addition of SS and Al filler has little effect on the strength of the welded joint.

Keywords: Spot Welding, Dissimilar, SS and Al Filler, Mechanics test

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada perkembangan industri otomotif yang semakin canggih, sangat membutuhkan inovasi baru untuk menunjang perbaikan produk yang akan diciptakan. Untuk menciptakan suatu produk dalam dunia otomotif, pengelasan menjadi salah satu proses yang sangat penting peranannya. Banyak metode yang digunakan dalam proses pengelasan logam, salah satu pengelasan yang cukup maju adalah *Resistance Spot Welding (RSW)* atau sering dikenal dengan las titik.

RSW digunakan untuk menyambung benda kerja dengan ketebalan 3 mm atau dapat lebih tipis lagi. *RSW* ini sering dijumpai pada industri pembuatan mobil. Mendesain suatu kendaraan seperti mobil banyak hal yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah material yang digunakan. Jenis material yang digunakan akan mempengaruhi berat dari kendaraan yang akan berpengaruh pada efisiensi konsumsi bahan bakar.

Sifat material yang dimiliki antara *Al* dan *SS* berbeda. Aluminium (*Al*) adalah material yang ringan, tahan terhadap korosi, merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Sedangkan *Stainless Steel* (*SS*) merupakan material jenis baja yang memiliki ketahanan terhadap korosi tanpa metode pabrikasi dan tahan terhadap pengaruh oksidasi, serta memiliki ketangguhan yang baik.

Pada proses pengelasan *RSW* yang berbeda logam, agar hasilnya maksimal perlu adanya media penghubung dengan menggunakan material bantu (*filler*). *Filler* pada *Resistance Spot Welding* dapat berupa serbuk maupun lembaran plat tipis yang digunakan sebagai lapisan penghubung atau material transisi di antara kedua logam yang akan disambung agar dapat menyatu dengan baik.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut belum ada yang menerapkan serbuk *SS* dan *Al* sebagai *filler* untuk sambungan las antara material aluminium dan *stainless steel*.

1.2 Tujuan

- 1) Mengetahui pengaruh penambahan *filler* *SS* dan *Al* pada pengelasan beda material dengan las titik terhadap kekuatan sambungan las dengan analisis grafis.
- 2) Mencari variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap kekuatan geser (*Tensile Shear Load*) sambungan las.

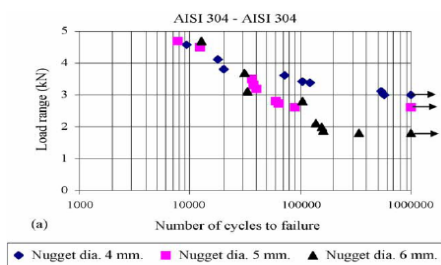
- 3) Mencari variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap kekerasan sambungan las.
- 4) Membandingkan peningkatan kekerasan logam induk (*Base Metal*), daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dan logam las (*nugget*) antara *stainless steel* dan aluminium.
- 5) Mengetahui pola kegagalan yang terjadi pada sambungan las.

1.3 Batasan Masalah

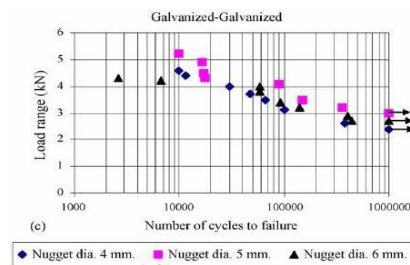
- 1) Suhu ruangan saat proses pengelasan dianggap selalu konstan.
- 2) Arus dan *weld time* yang dikeluarkan pada saat pengelasan sesuai dengan indikator yang tertera pada panel.
- 3) Gaya yang diberikan pada pedal las titik saat pengelasan dianggap selalu sama.
- 4) Perhitungan *holding time* pada *stopwatch* dianggap sudah sesuai dengan yang diharapkan yaitu 3 detik.
- 5) Besarnya diameter elektroda las titik dianggap konstan.
- 6) Pada pengujian kekerasan, pemotongan spesimen sudah berada tepat di tengah logam las dan pengujian sudah tepat di daerah *Base Metal*, *HAZ* dan *Weld Nugget*.

1.4 Tinjauan Pustaka

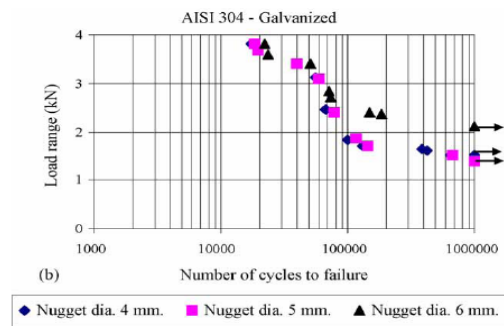
Vural dkk (2006), melakukan penelitian tentang pengaruh ukuran diameter *nugget* terhadap sifat fisik dan mekanik pada pengelasan titik untuk baja berbeda material. Penelitian ini menggunakan baja AISI 304 dan baja galvanis dengan variasi arus antara 5.5 sampai 13.5 kA. Pengelasan dilakukan dengan susunan plat yaitu AISI 304-AISI 304, AISI 304-Galvanis dan Galvanis-Galvanis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan material memberikan dampak terhadap kekuatan fatik dari hasil las yang terlihat seperti pada gambar di bawah.



(A)



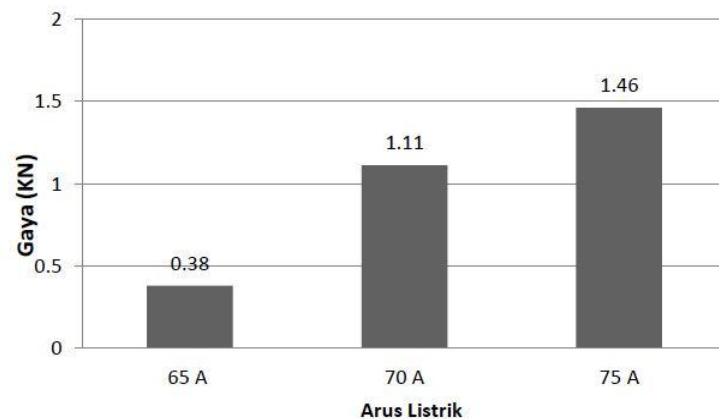
(B)



(C)

Gambar 1. (A) Susunan plat AISI 304-AISI 304; (B) Susunan plat Galvanis-Galvanis; (C) Susunan plat Galvanis-Galvanis.

Penelitian pengelasan titik juga dilakukan oleh Purwaningrum Yustiasih (2013) mengenai pengelasan titik dengan variasi arus 65 A, 70 A, 75 A dan *holding time* 1.2 detik. Prosesnya menggunakan *filler* dengan komposisi Fe : Al = 90% : 10%, kemudian diletakkan pada lubang penempat *filler*. Hasil pengujian geser menunjukkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka *filler* akan lebih banyak yang mencair, sehingga sambungan las akan lebih baik. Pada arus 75 A memiliki nilai kekuatan paling tinggi sebesar 1,46 KN.



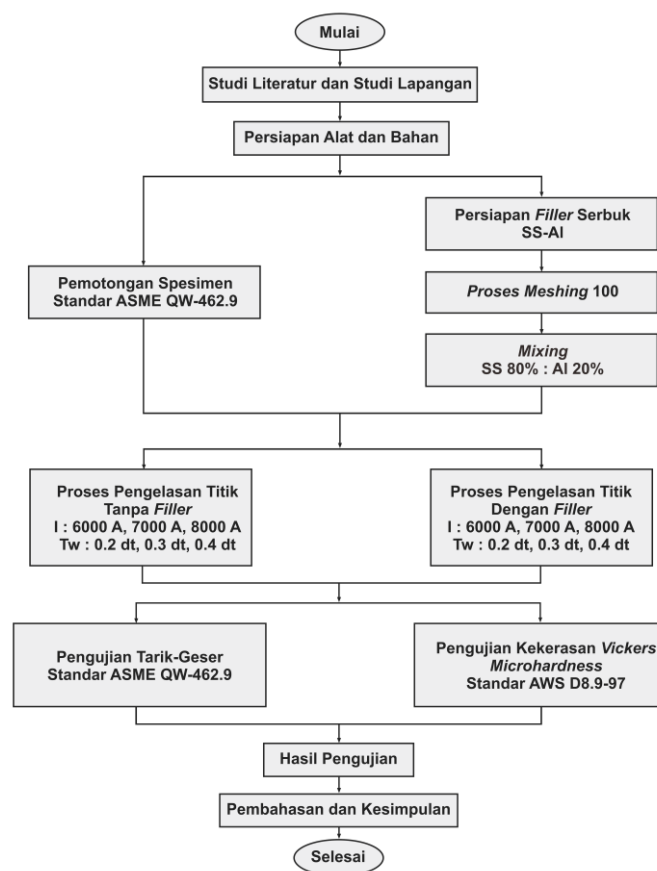
Gambar 2. Grafik nilai kekuatan geser

Marashi, P. dkk (2007) juga melakukan penelitian logam tak sejenis yaitu tentang struktur mikro dan sifat kegagalan dari pengelasan resistansi las titik material bedajenis antara baja karbon rendah galvanis dan baja tahan karat austenit. Material yang digunakan adalah baja karbon galvanis tebal 1,1 mm dan baja tahan karat austenit tebal 1,2 mm. Hasil penelitian tersebut, menunjukkan terdapat dua sifat kegagalan yang

terjadi selama pengujian statik uji tarik-geser dilakukan. Dua sifat kegagalan tersebut adalah *interfacial fracture* dan *button pull-out failure mode*. Dalam beberapa kasus ditemukan juga *sheet tearing* (lembaran yang tersobek) setelah logam las tertarik keluar (*nugget pullout*). Sifat kegagalan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan daya beban dukung tarik geser sambungan las dan energi kegagalan pada las titik. Penelitian ini hanya fokus pada pengaruh parameter arus las terhadap sifat kegagalan sambungan las logam tak sejenis.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Bahan dan Alat

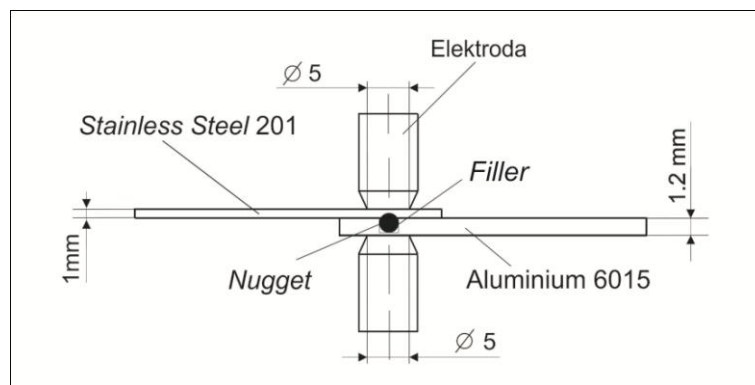
Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm, aluminium dengan 1,2 mm, dan *filler* SS : Al = 80% : 20% dengan *mesh* 100. Bahan tersebut dibentuk sesuai dengan standard ASME QW-462.9.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Mesin las titik tipe *AC Foot Operate Spot Welding*
- 2) Alat uji tarik-geser (*universal testing machine*)
- 3) Alat uji kekerasan (*Vickers Microhardness Machine*)

2.3 Langkah Penelitian

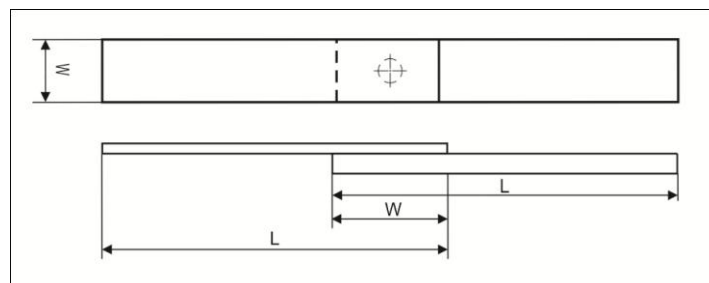
Penelitian dilakukan menggunakan pengelasan las titik (*spot welding*) dengan tipe sambungan tumpang (*lap joint*). Spesimen dibagi menjadi 2 kelompok yaitu tanpa *filler* dan menggunakan *filler* SS-Al dengan variasi parameter arus 6000 A; 7000 A; 8000 A dan waktu pengelasan 0,2 detik; 0,3 detik; 0,4 detik. Proses pengelasan sesuai dengan skema gambar 4.



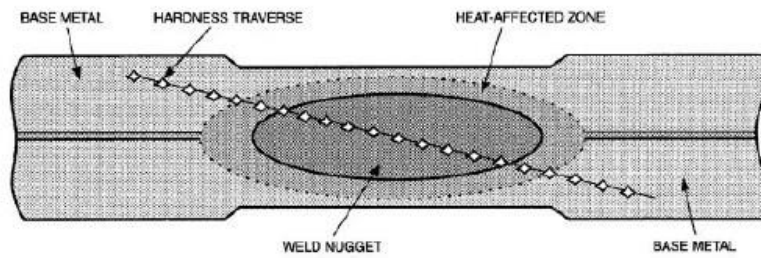
Gambar 4. Skema pengelasan

Pengujian tegangan geser pada penelitian ini menggunakan standard ASME QW-462.9 dengan ukuran spesimen sebagai berikut :

- L = Panjang Spesimen 101,6 mm
W = Lebar 25,4 mm

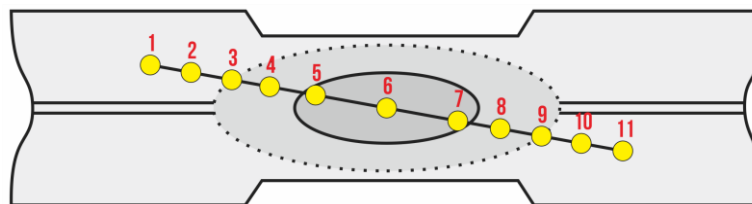


Gambar 5. Standar pengujian tegangan geser ASME QW-462.9



Gambar 6. Standar pengujian kekerasan AWS D8.9-97

Pada gambar 6 menunjukkan pengujian kekerasan menggunakan aturan sesuai standar AWS D8.9-97. Semua pengujian kekerasan dilakukan pada suhu $23 \pm 5^\circ\text{C}$. Beban pekanan konstan yang digunakan adalah 0,2 kg (1961 N) untuk semua penekanan. Penekanan dilakukan dengan jarak 0,4 mm atau tidak kurang dari tiga kali rata-rata diagonal tiap sudut yang berdampingan pada lekukan. Kecepatan indenter mendekati permukaan spesimen tidak boleh lebih dari $200 \mu\text{m/detik}$. Waktu lama penekanan dari awal pemberian gaya pada pengujian adalah 10 detik.



Gambar 7. Daerah las material *stainless steel* dan aluminium dengan *filler*

Gambar 7 menunjukkan daerah las material *stainless steel* dan aluminium dengan *filler*, dapat dilihat bahwa menurut standar AWS D8.9-97, pada angka 1-2 menunjukkan daerah *base metal stainless steel*, 3-4 menunjukkan daerah *HAZ stainless steel*, angka 5 menunjukkan daerah *nugget stainless steel*, angka 6 menunjukkan *nugget mix*, angka 7 menunjukkan *nugget aluminium*, 8-9 menunjukkan *HAZ aluminium*, dan pada angka 10-11 menunjukkan daerah *base metal aluminium*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Tegangan Geser (*Shear Tension Test*)

Pada pengujian tegangan geser diperoleh data pada tabel sebagai berikut:

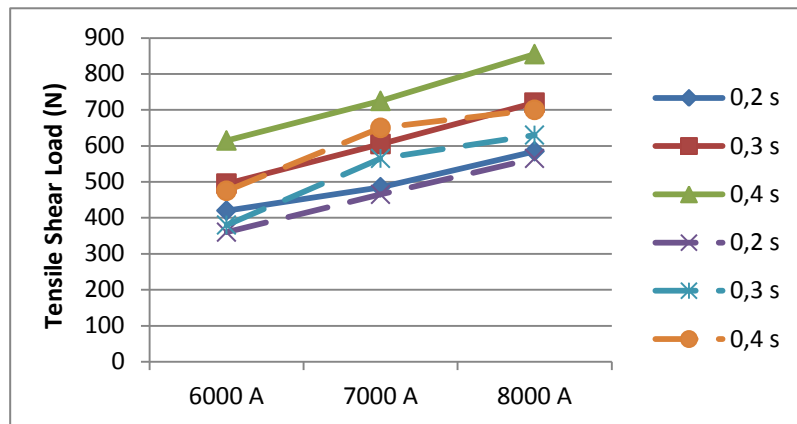
Tabel 1. Hasil Pengujian geser spesimen tanpa *filler*

No	Arus (A)	Waktu (dt)	F (N)		Fm (N)
			1	2	
1	6000	0,2	380	460	420
2		0,3	480	510	495
3		0,4	550	680	615
4	7000	0,2	470	500	485
5		0,3	590	620	605
6		0,4	710	740	725
7	8000	0,2	560	610	585
8		0,3	690	750	720
9		0,4	820	890	855

Tabel 2. Hasil Pengujian geser spesimen dengan *filler*

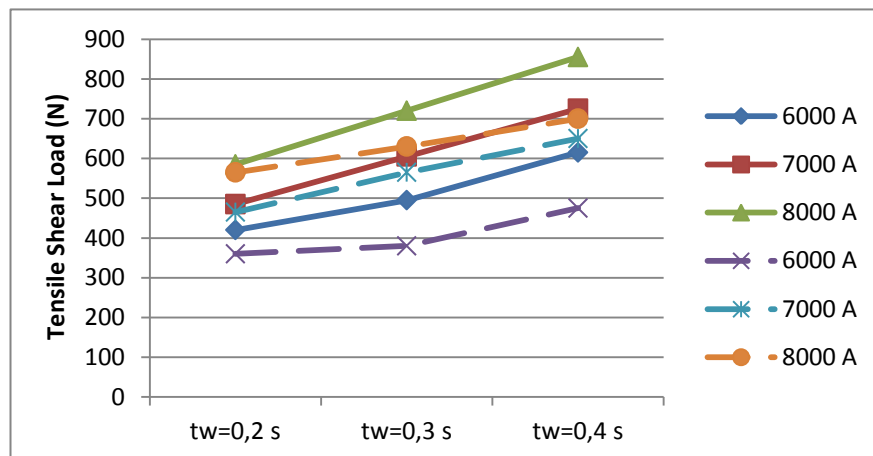
No	Arus (A)	Waktu (dt)	F (N)		Fm (N)
			1	2	
1	6000	0,2	340	380	360
2		0,3	350	410	380
3		0,4	420	530	475
4	7000	0,2	450	480	465
5		0,3	520	610	565
6		0,4	620	680	650
7	8000	0,2	530	600	565
8		0,3	610	650	630
9		0,4	670	730	700

Hasil pengujian pada tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa penggunaan *filler* SS-Al kurang berpengaruh terhadap kekuatan geser pada sambungan las.



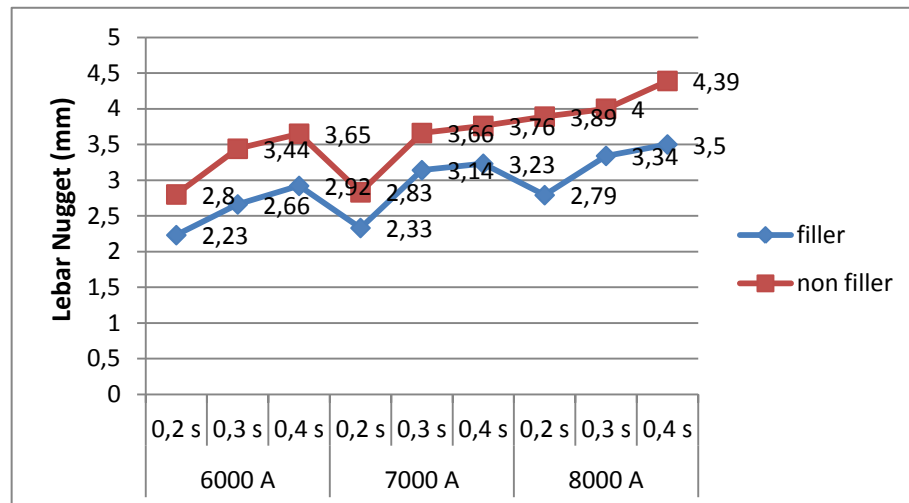
Gambar 8. Pengaruh arus listrik terhadap kekuatan geser sambungan las.
(garis kontinyu menunjukkan spesimen tanpa *filler*, garis putus-putus menunjukkan spesimen dengan *filler*).

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa spesimen tanpa menggunakan *filler* pada arus 8000 A dengan waktu pengelasan 0,2; 0,3; 0,4 detik mempunyai kekuatan geser sebesar 585 N; 720 N; 855 N. Sedangkan spesimen dengan *filler* yang menggunakan lokator ditunjukkan garis putus-putus menunjukkan nilai kekuatan geser pada arus 8000 A dengan waktu pengelasan 0,2; 0,3; 0,4 detik mempunyai kekuatan geser sebesar 565 N; 630 N; 700 N.



Gambar 9. Pengaruh waktu pengelasan terhadap kekuatan geser sambungan las.
(garis kontinyu menunjukkan spesimen tanpa *filler*, garis putus-putus menunjukkan spesimen dengan *filler*).

Dari gambar 8 dan 9, variasi arus listrik maupun waktu pengelasan menunjukkan hasil yang tidak sama besar terhadap nilai kekuatan geser sambungan las. Pengaruh meningkatnya parameter arus dan waktu juga memberikan peningkatan kekuatan sambungan las. Nilai kekuatan geser sambungan las tertinggi terjadi pada arus 8000 A dan *weld time* 0,4 detik spesimen tanpa *filler* sebesar 855 N, sedangkan spesimen dengan *filler* sebesar 700 N.



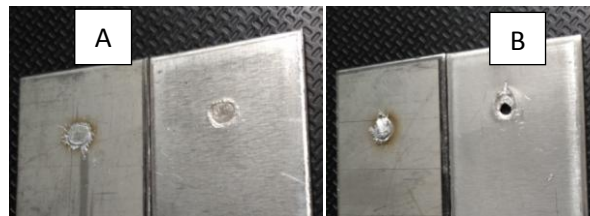
Gambar 10. Pengaruh *filler* SS-Al terhadap lebar logam las (*nugget*).

Peningkatan kapasitas kekuatan geser sambungan las pada spesimen tanpa *filler* seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 terjadi karena spesimen tanpa *filler* mempunyai diameter *nugget* yang lebih besar daripada spesimen yang menggunakan *filler*. Sedangkan semakin besar parameter arus listrik dan waktu pengelasan yang diberikan, maka semakin besar pula kekuatan sambungan las yang dihasilkan. Hasil penelitian sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu $Q = I^2.R.t$ dimana kuadrat arus berbanding lurus terhadap masukan panas (*heat input*). Arghavani, (2016) menyatakan rendahnya arus pengelasan mengakibatkan sambungan tidak melebur dengan sempurna yang membuat kekuatan tariknya menjadi rendah.

3.2 Pembahasan Pengujian Geser dan Mode Kegagalannya

Hasil penelitian sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu $H = I^2.R.t$ dimana apabila terjadi peningkatan arus listrik dan waktu pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan tarik geser sambungan las.

Tipe atau pola kegagalan yang terjadi pada uji geser pada las titik secara umum mempunyai 2 pola kegagalan yaitu *Interfacial failure* (IF) dan *Pull out failure* (PF). *Interfacial failure* merupakan kegagalan dalam pengelasan titik dimana terjadi kerusakan atau keretakan pada zona fusi. Sedangkan *Pull out failure* merupakan kegagalan dimana terjadi kerusakan pada daerah sekitar zona fusi.



Gambar 11. Pola kegagalan uji geser sambungan tanpa *filler*, *interfacial failure* (A), *pull out failure* (B).



Gambar 12. Pola kegagalan uji geser sambungan menggunakan *filler*, *filler* menempel pada *stainless steel* (C), *pull out failure* pada lokator aluminium (D).

Ada dua tipe pola kegagalan yang sama terjadi pada spesimen tanpa *filler* maupun menggunakan *filler*, *interfacial failure* merupakan mode kegagalan terjadi melalui perambatan retak melewati *nugget* dan *pull out failure* merupakan mode kegagalan yang terjadi melewati penarikan *nugget*. Ini kemungkinan disebabkan oleh perlakuan pada saat pengamplasan yang memberikan penekanan amplas berbeda pada material aluminium. Perbedaan gaya pengamplasan mengakibatkan tingkat aluminium oksida yang terkikis menjadi berbeda

3.3 Hasil Pengujian Kekerasan (*Vickers Microhardness*)

Tabel 3 Nilai kekerasan daerah las pada parameter 6000 A

6000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	228,2	228,2	228,2	228,2	228,2	228,2
BM SS	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9
HAZ SS	229,5	240,1	252,3	239,7	247,8	251,3
HAZ SS	233,6	241,6	269,8	243,5	252,6	265,3
Nugget SS	252,2	268	281,4	252,7	259,2	277,9
Nugget Mix	–	–	–	135,1	144,1	158,1
Nugget Al	48,1	90,2	105,8	48,6	68	76,5
HAZ Al	39,2	44,8	55,6	38,4	39,3	48,6
HAZ Al	38	42,7	54,5	37,8	39,2	46,9
BM Al	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8
BM Al	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4

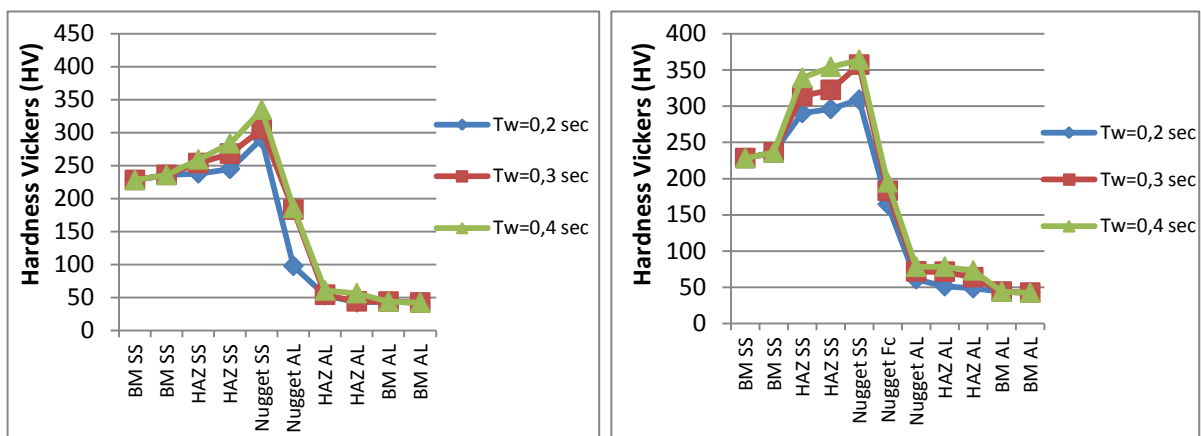
Tabel 4 Nilai kekerasan daerah las pada parameter 7000 A

7000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	228,2	228,2	228,2	228,2	228,2	228,2
BM SS	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9
HAZ SS	236	240,6	257,8	253	256	267,9
HAZ SS	240,7	265,5	273,7	259,4	260,7	279,6
Nugget SS	282,6	292,2	301	285,7	309,2	323,9
Nugget Mix	–	–	–	146,9	160,4	186,3
Nugget Al	58,1	96,8	164,4	50,5	71,7	78,2
HAZ Al	52,9	53,3	56,5	42,2	46,7	60,2
HAZ Al	40,2	38,9	42,5	40,2	44,1	54,4
BM Al	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8
BM Al	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4

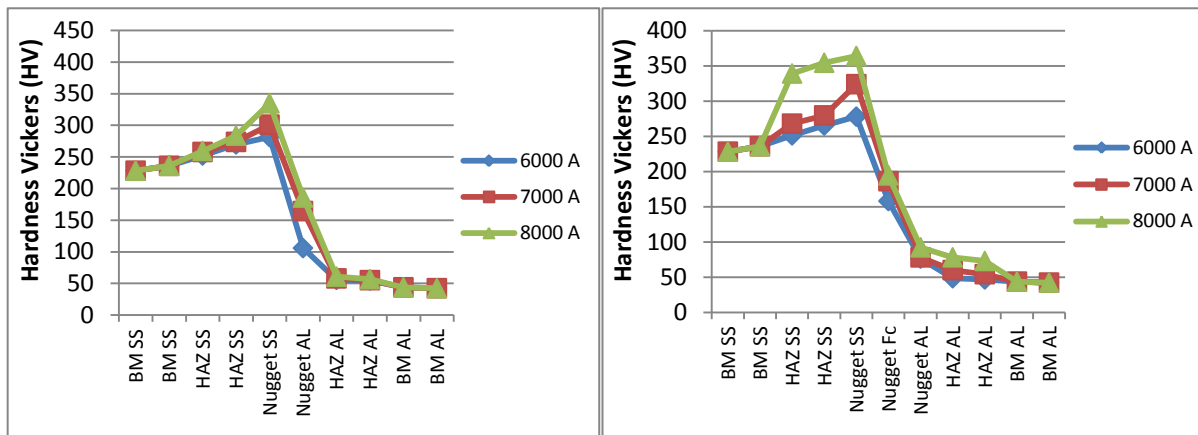
Tabel 5 Nilai kekerasan daerah las pada parameter 8000 A

8000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	228,2	228,2	228,2	228,2	228,2	228,2
BM SS	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9
HAZ SS	238,2	253,8	259,4	290,5	314,1	339
HAZ SS	244,9	268,2	283,7	296	322,4	354,3
Nugget SS	291	305,6	334,8	308,9	357,3	364
Nugget Mix	—	—	—	164,5	183,1	194,6
Nugget Al	97,9	183,3	185,8	60,9	73,9	92,4
HAZ Al	53,4	54,2	60,7	51,3	71,3	78,3
HAZ Al	42,6	44,1	56,6	48,5	63,7	73,1
BM Al	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8
BM Al	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4

Dari tabel 3, 4 dan 5 menunjukkan bahwa daerah yang memiliki nilai kekerasan tertinggi adalah logam las (*nugget*), disusul daerah *HAZ* dan yang paling rendah yaitu logam induk (*base metal*). Untuk variasi yang optimal terjadi pada parameter arus 8000 A dan waktu 0,4 detik.

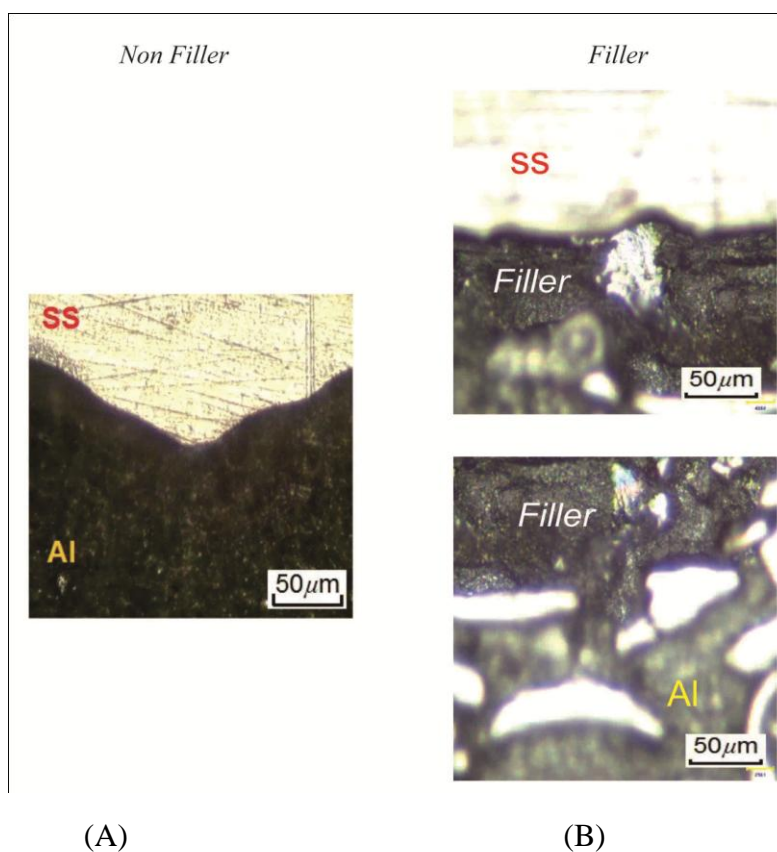


Gambar 13. Grafik distribusi profil kekerasan arus 8000 A tanpa *filler* dan dengan *filler*



Gambar 14. Grafik distribusi profil kekerasan waktu pengelasan 0,4 detik tanpa *filler* dan dengan *filler*

Kekerasan daerah *nugget* pada spesimen yang menggunakan *filler* mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada spesimen tanpa *filler*. Hal ini dapat dilihat pada struktur mikro.



Gambar 15. Perbandingan foto mikro pada daerah logam las.
(A) tanpa *filler*, (B) dengan *filler*

Dari hasil pengamatan foto mikro seperti pada gambar 14 menunjukkan daerah logam las pada sambungan *stainless steel* dengan aluminium menggunakan *filler* dan tanpa *filler* tidak menempel sempurna, hal ini dikarenakan besar konduktivitas thermal material yang berbeda. Batas butiran logam las aluminium yang menggunakan *filler* lebih banyak dibandingkan tanpa menggunakan *filler* dan pada butiran logam las (*nugget*) *stainless steel* dengan menggunakan *filler* tidak begitu terlihat tetapi hanya berbentuk gumpalan, sedangkan butiran logam las (*nugget*) *stainless steel* tanpa *filler* tidak terlihat disebabkan karena rekristalisasi yang kurang baik.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil analisa diperoleh bahwa penambahan *filler* kurang berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las.
- 2) Variasi arus 8000 A dan waktu pengelasan 0,4 detik pada spesimen dengan menggunakan *filler* memiliki kekuatan sambungan las yaitu sebesar 700 N.
- 3) Kekerasan yang paling optimal terdapat pada material dengan menggunakan *filler* dengan variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik.
- 4) Nilai kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan *filler* maupun dengan menggunakan *filler* menunjukkan kecenderungan yang sama. Kekerasan pada daerah *nugget* mempunyai nilai yang paling tinggi disusul daerah *HAZ* dan kekerasan paling rendah pada daerah logam induk.
- 5) Mengetahui pola kegagalan yang terjadi pada sambungan las, yaitu *interfacial failure* (mode kegagalan yang terjadi melewati penarikan *nugget*)

4.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan masih terdapat beberapa kesalahan yang masih mungkin untuk diminimalisir. Untuk itu penulis menyarankan untuk:

- 1) Proses pengamplasan pada material aluminium sebelum dilas perlu diperhatikan arah amplas, gaya yang diberikan dan banyaknya pengulangan amplas yang dilakukan agar semua material aluminium mendapat perlakuan yang sama.

- 2) Pada waktu proses penambahan filler SS-Al dengan perbandingan 80% : 20% seharusnya dilakukan pada setiap lokator.
- 3) Pada saat proses pengelasan kedua spesimen dijepit dengan menggunakan *holder* untuk menghindari pergeseran pada spesimen.
- 4) Penelitian yang akan datang untuk lebih teliti dalam setiap proses yang dilakukan seperti persiapan, pengelasan dan pengujian untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/AWS/SAE/D8.9 An American National Standard. 1997. *Recommended Practices for Test Methods for Evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*, American Welding Society, Miami, p. 33-37
- Arghavani, M. dkk. (2016). *Role of zinc layer in resistance spot welding of aluminium to steel*. doi: [10.1016/j.matdes.2016.04.033](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.04.033). Department of Materials Science and Engineering, Sharif University of Technology, P.O. Box 11365-9466, Azadi Ave., Tehran, Iran
- ASME IX 2010. *Welding and Brazing Qualifications*. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.
- Marashi, P., Pouranvari, S. Amirabdollahian, A. Abedi, M. Goodarzi. 2008. *Microstructure and failure behavior of dissimilar resistance spot welds between low carbon galvanized and austenitic stainless steel*, Material Science and Engineering A 480.
- Purwaningrum, Y., dkk. 2013. *Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Fisik-Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al-Steel*. Fakultas Teknik Mesin UII
- Pouranvari, M. 2011. *Effect of Welding Current on the Mechanical Response of Resistance Spot Welds of Unequal Thickness Steel Sheets in Tensile-Shear Loading Condition*. International Journal of Multidisciplinary Science and Engineering, Vol. 2, pp. 6.
- Vural, M., A. Akkus, B. Eryurek., 2006. *Effect of Welding Nugget Diameter on the Fatigue Strength of the Resistance Spot Welded Joints of Different Steel Sheets*. Journal of Materials Processing Technology, 176: 127-132